

**Geofizikai módszerek és eszközök lehetőségei a  
talaj - alapkőzet - talajvíz rendszer kutatásában  
és az agrárkörnyezetvédelemben**

<sup>1</sup> FEJES IMRE, <sup>2</sup> KUTI LÁSZLÓ és <sup>1</sup> SIMON ANDRÁS

<sup>1</sup> Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet, Budapest és

<sup>2</sup> Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest

A talaj nem választható el a geológiai környezetétől. A talajváz valamilyen talajképző kőzetből, a felszíni néhány méteres kőzettömeg, az ún. alapkőzet legfelső rétegét alkotó anyakőzetből alakul ki. A talaj sorsa, átalakulása függ az anyakőzet, illetve az alapkőzet sorsától, az abban lejátszódó fizikai-kémiai folyamatoktól, a benne tárolt és általában mozgó talajvíztől is. Más megfogalmazásban: a talaj-alapkőzet-talajvíz rendszer egyes elemei egymással szoros kölcsönhatásban állnak. Ha pl. a talaj alatt jó vízvezető (homokos) réteg van, alatta pedig 1-2 m vastag vízzáró (agyagos) képződmény, e felépítés fokozhatja a belvízvesztést, mocsarasodást, láposodást idézhet elő, különösen ha e felépítést nem ismerve az öntözésnél ezt nem vesszük figyelembe. Ugyanakkor a jó vízvezető képződményekbe a trágyázással kemikáliák, mérgező szennyes anyagok kerülhetnek, melyek a vízzáró réteg miatt koncentrálnak, s a talajvíz oldalirányú áramlásával nagyobb távolságokra is elkerülve vízfolyások, folyóvizek, kutak elszennyeződése következhet be.

A talajvíz helyzete, ásványi sótartalma a talaj sorsának, termőképessége alakulásának, vagy éppen a talaj és környezete elszennyeződésének másik jelentős meghatározója. A felszínhez közeli talajvízszint fokozza a belvízfeltörést, a mocsarasodás veszélyét, gátolja a beszivárgást, s ezzel növeli az erózió lehetőségét. 1 m-nél kisebb talajvízmélység esetén az öntözés általában csak ront a talaj állapotán, a 4 m alatti viszont gyakorlatilag csekély hatással van a talaj termőképességére. A talajba került, a növények által fel nem használt kemikáliák, továbbá a szerves, vagy akár szénhidrogén szennyeződések a talajvíz áramlásával mozognak és nagyobb területeket elszennyeznek. Utóbbiak az ún. talajvíz-csapdákban a felszín alatt koncentrálnak is.

Az emberi beavatkozás (trágyázás, öntözés, drénezés stb.) helyes tervezéséhez a művelt talaj fizikai-kémiai tulajdonságainak, mindenkori állapotának ismerete mellett ezért fontos az alapkőzet összetételének, felépítésének, illetve a talajvíz helyzetének, mozgásának, ásványi sótartalmának ismerete is. Ebből a

célból a Magyar Állami Földtani Intézet (MÁFI) az 1970-es évek végén elkezdte kutatni a talaj-alapkőzet-talajvíz rendszer agrogeológiai összefüggéseit agrogeológiai mintaterületeken. A kutatás alapvető módszere általában 10 m mélységű sekélyfúrások mélyítése, a fúrások anyagából és a fúrásokban jelentkező talajvízből vett minták részletes (földtani, szedimentológiai, ásványközettani, geokémiai) vizsgálata, illetve a talajvíz helyzetének, függőleges és oldalirányú mozgásának mérése. Az utóbbi években bekapcsolódott az agrogeológiai mintaterületek kutatásába a Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet (ELGI) is. Az ELGI az évtizedek óta nagy mennyiségben végzett sekélymélységű mérnökgeofizikai, illetve nyersanyag- és építőanyagkutatási munkáihoz használt geofizikai módszereit és műszereit alkalmazta. A továbbiakban a leggyakrabban alkalmazott geofizikai módszereket és eszközöket, s a kutatások néhány eredményét ismertetjük.

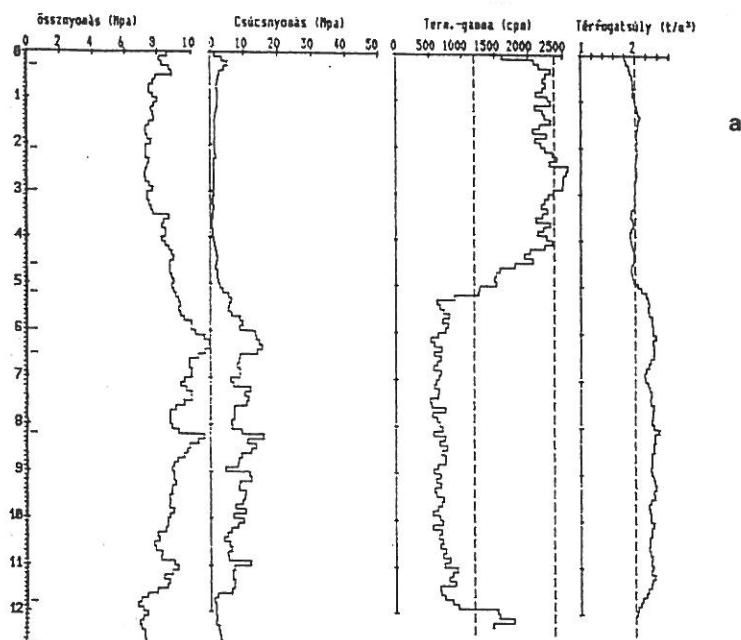
### Geofizikai módszerek és eszközök

Az előbbi feladatokra leginkább hatékony geofizikai eljárás és eszköz a mérnökgeofizikai szondázás (MGSz), illetve szondázó berendezés. A mérnökgeofizikai szondázás során hidraulikus hengerek segítségével acél csőrakatot sajtolunk a talajba és az alapkőzetbe (penetráció). A csőrakat haladása közben az elejére szerelt szabványos nyomásérzékelővel mérjük a harántolt kőzetek mechanikai ellenállását (csúcsnyomás). Mérjük továbbá a hidraulikus hengerekben kifejtett nyomást, mely a csúcsnyomás és a csőrakat súrlódása miatt keletkező nyomás összege (össznyomás). A kívánt mélység eltérése után a csőben az erre kifejlesztett szondákkal megmérjük a harántolt kőzetek természetes gamma aktivitását, illetve térfogattömegét. A talajvíz(szint), vagy szénhidrogén szennyezés kimutatására neutron-neutron lyuk-szelvényezés is végezhető.

A mért paraméterek a mérés közben megjelennek a számítógépes felszíni adatgyűjtő és mérésvezérlő egység monitorán. A mérés befejeztével a monitorra az összes görbe együtt visszahívható. Az operátor a görbék változásai alapján a markánsabb rétegek határait a helyszínen kijelölheti, anyagi minőségeit meghatározhatja. Ha a gépbe a képződmények és a mért paraméterek közötti statisztikus összefüggést előzetesen betápláltuk, akkor mindezt a gép automatikusan végzi.

A rétegparaméterek mérésének és helyszíni értékelésének befejezése után kiegészítő eszközökkel talajvízszintmérés, rétegszelektív talaj- és vízmintavétel végezhető, illetve a szivárgási tényező meghatározható.

A feldolgozás és értelmezés eredménye egyedül álló ponton a mért paraméterek grafikonja, és/vagy az alapkőzetet felépítő rétegekre a fizikai paraméterek átlagértékeit, a rétegek vastagságát, anyagi minőségét tartalmazó táblázat (1. ábra), illetve szelvénybe rendezett pontokon földtani-geofizikai szelvény (3., 4. és 5. ábra).



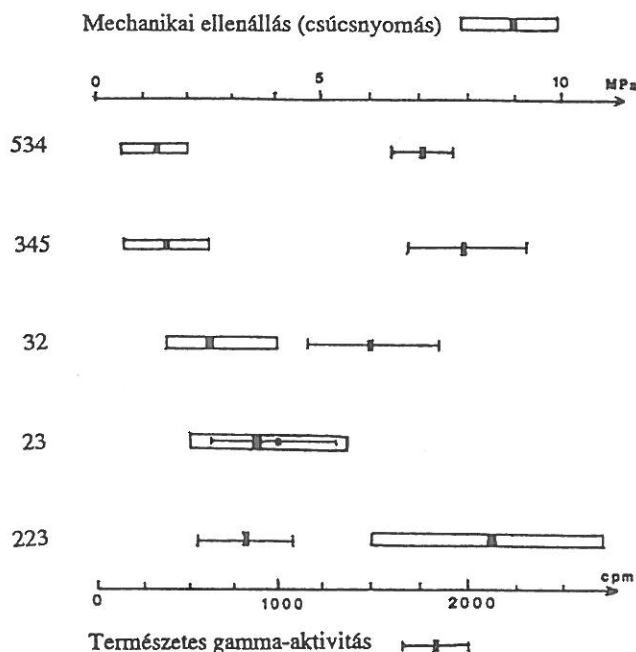
MÉLYSÉG (m)	ÖSSZ- NY. (Mpa)	CSÚCS- NY. (Mpa)	TERM- GÁZ (cpm)	SŰRÜSÉG (g/cm³)	
0.0 - 2.1	7.7	2.0	2208	2.00	agyagos kőzetliszt - kőzetliszt
- 3.0	7.3	1.2	2447	2.01	kőzetlisztes agyag - agyagos kőzetliszt, puha
- 4.6	8.2	1.1	2187	1.95	agyagos kőzetliszt - kőzetliszt, puha
- 5.2	8.9	2.4	1495	2.02	homokos kőzetliszt - kőzetlisztes homok
- 6.0	9.4	6.8	771	2.27	homok - homokos kavics
- 6.5	10.6	13.4	624	2.33	homokos kavics
- 8.2	9.6	8.7	625	2.28	homok - homokos kavics
-11.8	8.8	8.3	703	2.29	homok - homokos kavics
-12.7	7.1	1.8	1232	0.00	?

1. ábra

Mérnökgeofizikai szondázás eredménye egyedül álló ponton. a) A fizikai paraméterek görbéi; b) a rétegek és fizikai paramétereik táblázata

Az értelmezés azon alapszik, hogy a különböző képződmények (pl. homokok, agyagok) általában különböző fizikai paraméterekkel rendelkeznek. Egy-egy paramétert tekintve ugyan átfedések lehetségesek, de ugyanakkor más paraméterek lényegesen eltérhetnek, mint pl. az alapkőzetet alkotó leggyakoribb

kőzetfélésekre jellemző csúcsnyomás és természetes gamma aktivitás (2. ábra). A számítógép az összes mért paraméter görbéinek változásai alapján réteghatárokat határoz meg. Kiszámítja az így adódó rétegekre a paraméterek átlagértékét, majd egy alapadatrendszerrel történő összehasonlítással minősíti is a rétegeket.

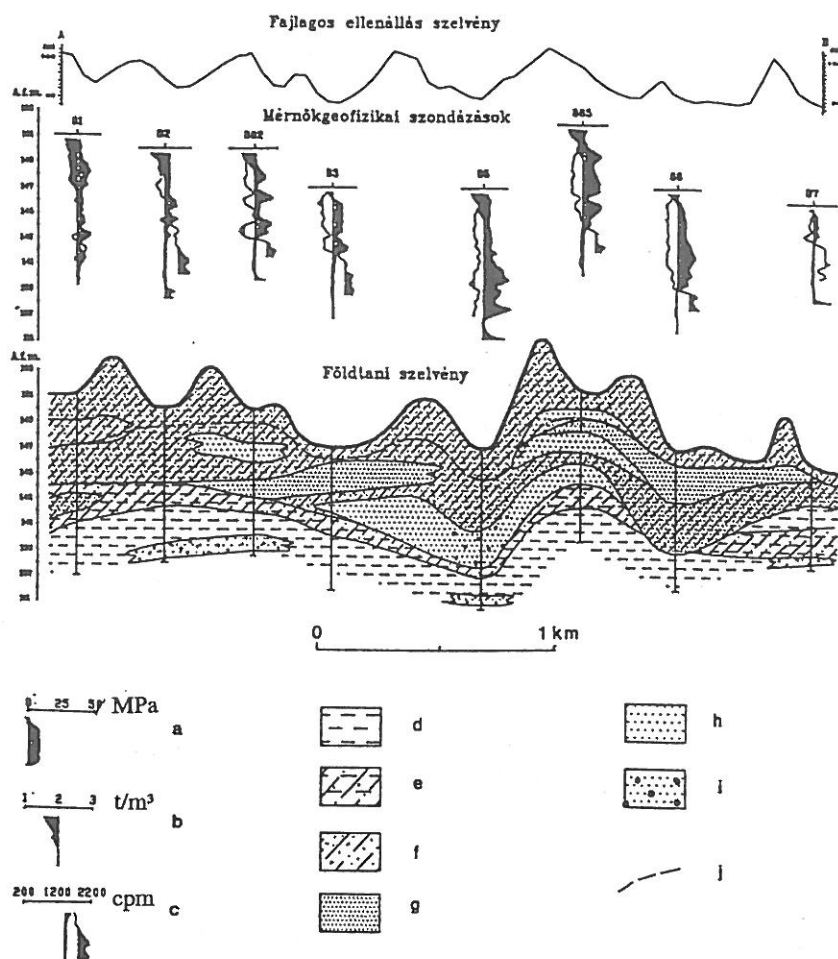


2. ábra

Az alapkőzet leggyakoribb geológiai képződményeire jellemző természetes gamma aktivitás és mechanikai ellenállás. 534: finomkőzetlisztes durvakőzetlisztes agyag; 345: finomkőzetlisztes agyagos durvakőzetliszt; 32: homokos durvakőzetliszt; 23: durvakőzetlisztes homok; 223: apróhomok

A fúrások és a MGSz-ek a vizsgálati pontra és annak viszonylag közeli környezetére adnak jellemző adatokat. A kutatás pénzügyi keretei általában nem teszi lehetővé a 300-500 m-nél kisebb ponttávolság alkalmazását. Ezért a fúrások, MGSz-ek optimális elhelyezésére, illetve adataik környezetükben történő extrapolálásának alátámasztására előzetes mérést végzünk egy olcsó, de interpolációra alkalmas geofizikai módszerrel. Ilyen például az elektromágneses ellenállás-térképezés, amely az árvíznyomok miatt az előbbi hálózathoz akár 5-10-szer nagyobb pontsűrűségű is lehet. Alkalmazása során megismerjük a 3-7 m mélységig terjedő térrészben foglalt kőzetek átlagos elektromos fajlagos ellenállását, mely függ a rétegek anyagi minőségétől és a földfelszín alatti hely-

zetétől. A munka végeredménye fajlagos ellenállás térkép, vagy szelvény. Egy-egy anomália területén belül a kutatási mélységig terjedően a földtani szelvény lényegesen nem változik. Ez a reá eső fúrás(ok) szelvénye extrapolációjának alapja.



3. ábra

Geofizikai-földtani szelvény a nyírségi agrogeológiai mintaterületen. a: mechanikai ellenállás (csúcsnyomás); b: térfogattömeg; c: természetes gamma aktivitás; d: finomkőzetlisztes agyagos durvakőzetliszt; e: homokos durvakőzetliszt; f: durvakőzetlisztes homok; g: apróhomok; h: középszemű homok; i: durva-homokos középszemű homok; j: talajvízszint

### Kutatási eredmények

A Nyírségben, Fülöp község közelében található agrogeológiai mintaterületen elvégeztük az előzetes elektromágneses térképezést, majd kvázi-hálózatos telepítésű sekélyfúrásokat mélyítettünk, illetve mérnökgeofizikai szondázásokat végeztünk. Az MGSz és a fajlagos ellenállás adatok alapján szerkesztett geofizikai-földtani szelvényen (3. ábra) 6-10 m mélységig homokos összlet (homokos durvaközetliszt, apróhomok, középszemű homok) fordul elő. Alatta durvaközetliszt összlet (homokos durvaközetliszt, finomkőzetlisztes, agyagos durvaközetliszt) folytonosan található. Utóbbi összlet mért fizikai tulajdonságai szerint az agyagokhoz áll közel. A talajvízszint többnyire 2-4 m mélységben van.

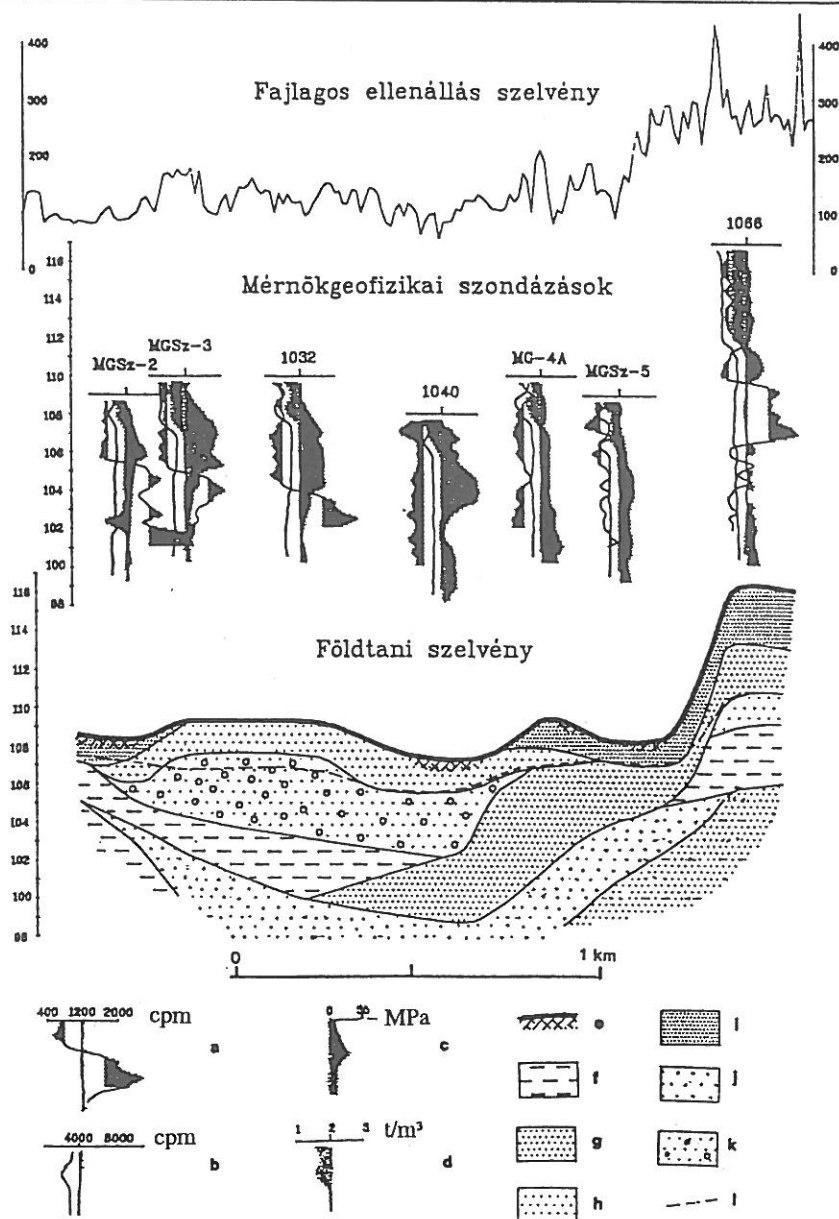
Az ilyen területen a homokok jó áteresztőképessége miatt felszíni szénhidrogén szennyezés a talajvízig, nehézfém-szennyezés a durva kőzetliszt összletig gyakorlatilag akadálytalanul lehatolhat. A talajvízszint vertikális ingadozásával a homokos összlet nagyobb vastagságban is szennyeződhet szénhidrogénnel. A talajvíz horizontális áramlásától függően a szennyeződések oldalirányban is terjedhetnek (elsősorban a homokos összletben). Kontroll nélküli műtrágyázás, vagy hulladéklerakás tehát ilyen területen a talaj, az alatta lévő összlet, esetleg a távolabbi környezet elszennyezéséhez vezethet.

A szelvény alacsony fekvésű részein a talajvízszint a felszíntől 1-2 méterre van. Itt a gyakori öntözés elmocsarasodáshoz, a meglévő mocsarak terebélyesedéséhez vezetne. A mocsarak lecsapolása ugyanakkor a magasabban fekvő részek gyors kiszáradását, a termőterület csökkenését vonná maga után.

A bugaci agrogeológiai mintaterületen hasonló módon szerkesztett földtani szelvény első harmadában és végén ugyancsak homokos összlet (kötött apróhomok, középszemű homokos apróhomok) található 4-5 m mélységig, majd mintegy 2 m vastagságban (fizikai tulajdonságaiban szintén az agyagokhoz közeli) finomkőzetlisztes, homokos durvaközetliszt, alatta apróhomokkal (4. ábra). A szelvény e szakaszán az alapkőzet felépítése a nyírségihez hasonló. Másik felén a 6-10 m mélységig kizárólag homokos összlet (laza középszemű homokos apróhomok, laza apróhomok, középszemű homokos apróhomok) található. A talajvízszint 1-3 m mélységben van. A területet a felszíni szennyeződések, illetve a mezőgazdasági tevékenység szempontjából a nyírségihez hasonlóan kell kezelni.

A fajlagos ellenállás görbe 50 ohmméternél kisebb ellenállású szakaszai jelzik a szikesedést. A szelvényben, illetve a jelzett helyeken a szelvényen kívül, annak közelében a felszínen is találhatók szikes foltok.

A Tiszai Erőmű zagyártározóján mért MGSz szelvényben (5. ábra) az erőművi zagy alatt 4-10 m vastag agyagos összlet található. Homokos, durva homokos réteg csak ez alatt fordul elő, melyet lejjebb újból agyag, kőzetlisztes agyag kö-

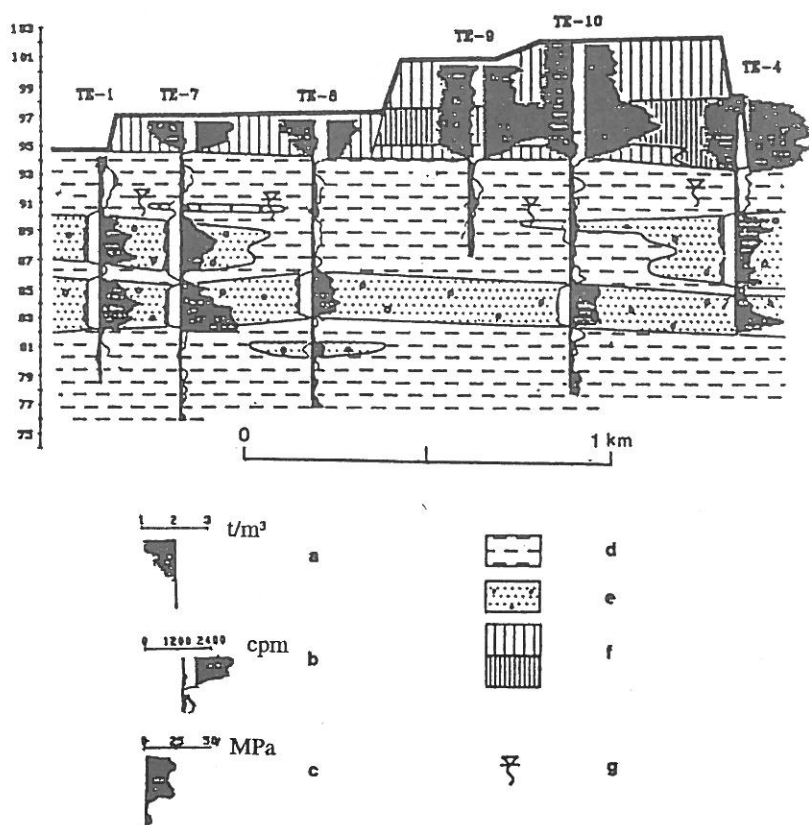


4. ábra

Geofizikai-földtani szelvény a bugaci agrogeológiai mintaterületen. a: természetes gamma aktivitás; b: neutron-neutron intenzitás; c: mechanikai ellenállás; d: térfogat-tömeg; e: szikes talaj; f: finomkőzetlisztes agyagos durvakőzetliszt; g: laza apróhomok; h: apróhomok; i: közép szemű homokos apróhomok, laza; j: közép szemű homokos apróhomok; k: közép szemű homokos apróhomok, tömör; l: talajvízszint

vet. A talajvízszint a földfelszín alatt 1-4 m mélységben, az agyagos összetételben van, lejtése kicsiny. Az ilyen területen a felszíni szennyeződések gyakorlatilag izolálódnak, mivel az agyagos rétegben a talajvíz, s vele együtt a belekerült szennyező anyagok mozgása vertikálisan és oldalirányban is igen lassú. A szennyeződés nagyobb távolságokra gyakorlatilag nem jut el.

Egy ilyen felépítésű mezőgazdasági terület öntözésigénye minimális. A felszínhez közeli talajvízszint, valamint a további kapilláris vízemelkedés miatt a vízutánpótlás alulról gyakorlatilag biztosított. Ezt figyelmen kívül hagyva az öntözés mocsarasodáshoz, talajerózióhoz vezethet.



5. ábra

Geofizikai-földtani szelvény a Tiszai Hőerőmű zagytározóján. a: térfogattömeg; b: természetes gamma aktivitás; c: mechanikai ellenállás; d: agyagok, kőzetlisztes agyagok; e: homok, durva homok; f: erőművi zagy (természetes gamma aktivitás szerint elkülönülő két fázis); g: talajvízszint



### Összefoglalás

Utalunk a talaj, s általában az agrárkörnyezet állapota és a természeti (geológiai) tényezők (azon belül a talaj-alapkőzet-talajvíz rendszer) közötti összefüggésre, illetve kedvezőtlen természeti tényezők és/vagy a környezeti hatásokkal kellően nem számoló emberi beavatkozás esetén előbbi állapot általában kedvezőtlen megváltozására.

Ismertetjük az utóbbi években a talaj-alapkőzet-talajvíz rendszer kutatására az ELGI által leggyakrabban alkalmazott geofizikai eljárásokat és eszközöket. A mérnökgeofizikai szondázás (MGSz) során a rétegeket penetrációs úton megnyitjuk, s a lyukban geofizikai méréseket végzünk. A mért főbb kőzetfizikai paraméterek: mechanikai ellenállás, természetes gamma aktivitás, és a térfogattömeg. A feldolgozási eljárás során a rendszer automatikusan megadja a harántolt rétegek határait, közettani összetételét. A harántolt rétegekből kőzet- és vízmintát veszünk, s meghatározzuk a talajvízszint mélységét, a rétegek szivárgási tényezőjét.

Az MGSz-ek és a MÁFI által végzett sekélyfúrások információinak a mérési pontok környezetére történő extrapolációja, illetve a sekélyfúrások helyeinek optimális kiválasztása érdekében előzetes hálózatos felmérést végzünk elektromágneses módszerrel. A rétegek 3-7 m mélységig terjedő átlagolt elektromos fajlagos ellenállását kapjuk meg, mely összefüggésben áll a rétegek anyagi minőségével, illetve földfelszín alatti helyzetével.

Bemutatjuk a kutatások néhány eredményét. A Fülöp és a Bugac környéki agrogeológiai mintaterületen a termőtalaj alatt néhány méter mélységig homokos, alatta agyagos durvakőzetliszt, illetve homokos durvakőzetliszt összletet, és felszínhez közeli talajvízszintet mutattunk ki. Ilyen felépítésű területeken a szennyeződés az alapkőzet felső, homokos részébe viszonylag gyorsan lehatol, s az áramló talajvízzel oldalirányban is terjedhet. A kontroll nélküli öntözés mocsarasodáshoz vezethet.

A Tiszai Erőműnél mért szelvényben viszont a felszíntől kezdve 4-10 m mélységig agyagos összlet található. A talajvízszint 1-4 m mélységben van. Az agyagban a talajvíz, s vele a szennyeződések mozgása lassú, tehát az ilyen területen a szennyeződések gyakorlatilag nem terjednek tovább. A felszínhez közeli talajvízszint és az agyagokban a további kapilláris vízszintemelkedés miatt az öntözési igény minimális.